

ИЗМЕНЕНИЕ НИЗКОЧАСТОТНОЙ КОМПОНЕНТЫ ОСЦИЛЛЯЦИЙ  
ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЯ ЦИНКА В МАГНИТНОМ ПОЛЕ  
ПОД ДАВЛЕНИЕМ  $16000 \text{ кг/см}^2$

Е.С.Ицкевич, А.Н.Вороновский, В.А.Сухопаров

В работе [1] было обнаружено сильное влияние давления на частоту наиболее низкочастотных квантовых осцилляций электрического сопротивления цинка в поперечном магнитном поле. Под давлением  $8100 \text{ кг/см}^2$  (максимальное давление, развиваемое при гелиевых температурах бомбой, описанной в [2]) период осцилляций  $\Delta(1/H)$  при  $\vec{H} \parallel [0001]$  и направлении тока через образец, находящийся в плоскости  $(0001)$ , составлял  $2,1 \cdot 10^{-5} \text{ э}^{-1}$ , вместо  $6,3 \cdot 10^{-5} \text{ э}^{-1}$  без давления.

Эти осцилляции в полях выше 2500 э вызваны, согласно последним данным [3,4], магнитным пробоем энергетической щели между иглообразной электронной частью ферми-поверхности цинка, расположенной вдоль бокового ребра третьей зоны Бриллюэна и дырочной поверхностью второй зоны, называемой "монстром". В величину щели входят разности энергий высшего заселенного уровня Ландау каждой зоны и энергии Ферми, которые периодичны в магнитном поле. В данном частном случае из-за того, что эффективная масса для иглообразной части поверхности примерно в 100 раз меньше массы для "монстра" [5], периодичность целиком определяется величиной экстремального сечения  $S_m$  иглообразной поверхности, параллельного плоскости (0001). Периодичность энергетической щели в магнитном поле приводит к периодичности электросопротивления.

Нами была создана новая бомба (см.рис. I), позволявшая развить достаточно гидростатическое давление до 18000 кг/см<sup>2</sup> при гелиевых температурах. Пользуясь этой бомбой, мы проследили изменение периода рассматриваемой осцилляции до более высоких давлений.

Можно отметить две важные особенности этой бомбы: а) корпус бомбы автофретирован, б) поршень и подпятник изготовлены из твердой керамики-микролита, немагнитного материала. Максимальный диаметр бомбы - 48 мм, диаметр рабочего канала - 6,5 мм. Устройство бомбы ясно из рис. I: I - фиксирующие гайки, 2 - корпус бомбы, 3 - микролитовый поршень с рубашкой из бериллиевой бронзы, 4 - грибовый затвор с уплотнением, 5 - шток, передающий усилие от пресса, 6 - подпятник из микролита в стакане из бериллиевой бронзы, 7 - обрзец, 8 - среда, передающая давление (масло-керосин), 9 - обтюратор, 10 - опорный цилиндр обтюратора, II - уплотнения обтюратора. Принцип действия бомбы аналогичен описанному в [2]. Подробное описание ее предполагается опубликовать в ближайшем будущем.

Монокристаллы цинка, использованные в работе, были вырезаны так, что ось образца лежала в плоскости (0001);  $R_{300}/R_{4,2} = 15000$ .

Были сделаны измерения без давления и под давлением 11100 и 15900 кг/см<sup>2</sup> в интервале полей от 2000 до 11000 э. Величина давления определялась двумя путями: а) по изменению температуры перехода в сверхпроводящее состояние оловянного манометра,

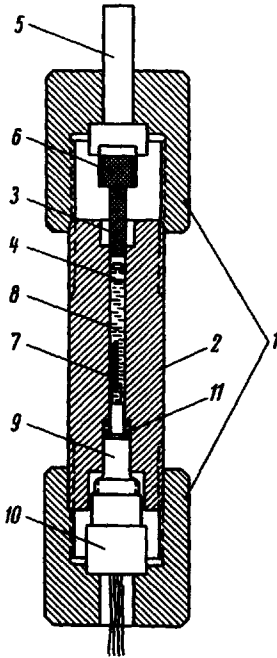


Рис. 1. Бомба

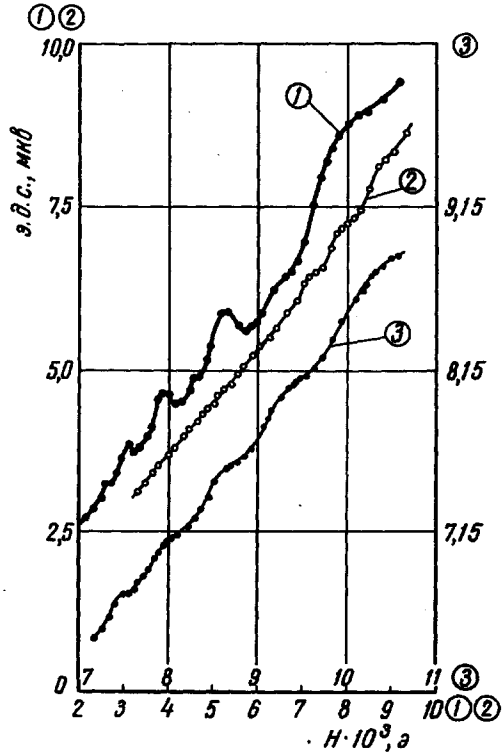


Рис. 2. Зависимость измеряемого сигнала от магнитного поля:  
 1 -  $P = 0$ ; 2 -  $P = 11100$ ; 3 -  $P = 15900$  кг/см<sup>2</sup>

б) экстраполируя выше 11000 кг/см<sup>2</sup> зависимость  $P_{42} = f(P_{300})$ , полученную в [2]. Сравнение обоих способов позволило оценить ошибку в определении давления в 5%.

На рис. 2 изображена зависимость величины сигнала, снимаемого с потенциальных зондов образца, как функция магнитного поля при  $\vec{H} \parallel [0001]$ , а на рис. 3 - обратного магнитного поля. В таблице приведены полученные результаты (при 4,2°K).

Площадь экстремального сечения вычислялась по формуле

$$S_m = \frac{eh}{c \Delta(I/H)} = \frac{9,45 \cdot 10^{-9}}{\Delta(I/H)^2} \text{ Å}^{-2}. \quad \text{Резкое уменьшение амплитуды}$$

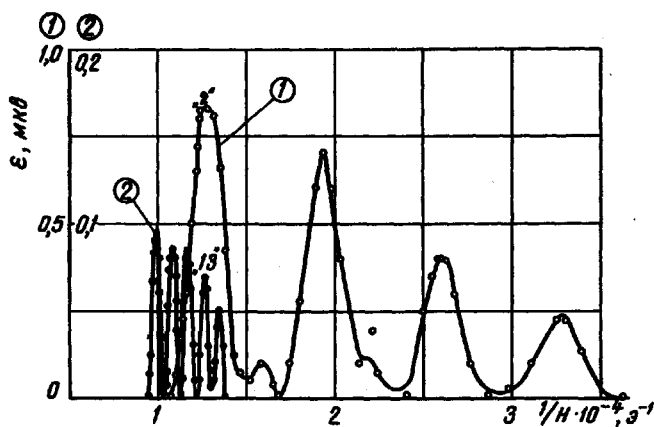


Рис. 3. Зависимость измеряемого сигнала от обратного магнитного поля:  
 1 -  $P = 0$ ; 2 -  $P = 15900 \text{ кг/см}^2$

$\text{кг/см}^2$	$(1/H) \cdot 10^5, \text{с}^{-1}$	Амплитуда, в % от всего сигнала (для самого большого пика)	$\xi_m \text{ эксп.}$ $^{\circ} \text{А}^{-2}$	$\xi_m \text{ расч.}$ $^{\circ} \text{А}^{-2}$
0	$6,33 \pm 0,06$	10,8	0,00015	0,00037
$11100 \pm 500$	$1,284 \pm 0,012$	3,5	0,00074	0,0011
$15900 \pm 700$	$0,898 \pm 0,007$	1,5	0,00105	0,0015

Осцилляций под давлением связано, по-видимому, как с ухудшением качества кристалла, что в случае пробоя очень существенно сказывается на амплитуде [3], так и с увеличением номера осцилляций, и, следовательно, с увеличением эффективной массы. Из рис. 3 видно, что в поле  $H = 8000 \text{ э}$  второй максимум под давлением  $16000 \text{ кг/см}^2$  заменяется 13-м ("2" и "13" - номера максимумов). Полученное в эксперименте изменение  $\xi_m$  интересно сравнить с данными, рассчитанными по модели Гаррисона [6]. Экстраполируя до  $16000 \text{ кг/см}^2$  данные по сжимаемости монокристаллов цинка, измеренные Бриджменом до  $12000 \text{ кг/см}^2$  [7] и подтвержденные практически совпадающими с ними данными по упругим модулям [8], можно рассчитать величину  $\xi_m$ . Результаты расчета приведены в таблице. Согласно расчетных и экспериментальных данных удовлетворительное.

Таким образом, модель Гаррисона может объяснить полученные результаты и использоваться для оценки ожидаемого эффекта давления у гексагональных металлов. В частности, оценка, произведенная для кадмия с использованием данных по сжимаемости [9], показывает, что критическое отношение  $c/a$ , при котором возникает игольчатая поверхность, достигается при давлении около  $1000 \text{ кг/см}^2$ , а под давлением  $15000 \text{ кг/см}^2$   $c/a = 1,8200$ , что приводит к  $S_{т расч.} = 6,3 \cdot 10^{-4} \text{ \AA}^{-2}$ . Если даже считать эти значения завышенными, как и для цинка, все равно возникновение и рост игольчатой поверхности у кадмия можно попытаться наблюдать в имеющемся в нашем распоряжении интервале давлений.

В заключение авторы пользуются случаем поблагодарить проф. Л.Ф.Верещагина за неизменный интерес к работе.

Институт физики высоких давлений  
Академии наук СССР

Поступило в редакцию  
25 мая 1965 г.

#### Литература

- [1] Ю.П.Гайдуков, Е.С.Ишкевич. ЖЭТФ, 45, 71, 1963.
- [2] Е.С.Ишкевич. ПТЭ, № 4, 148, 1963.
- [3] R.W.Stark. Phys.Rev. Lett., 9, 482, 1962.
- [4] Ю.П.Гайдуков, И.П.Кречетова. ЖЭТФ, Письма в редакцию, 1, вып.3, 25, 1965.
- [5] A.S.Joseph, W.L.Gordon. Phys. Rev., 126, 489, 1962.
- [6] W.A.Harrison. Phys. Rev., 118, 1190, 1960.
- [7] P.W.Bridgman. Proc. Amer. Acad. Sci., 77, 187, 1949.
- [8] G.A.Alers, J.K. Neighbours. J.Phys. Chem. Solids, 7, 58, 1958.
- [9] P.W.Bridgman. Proc. Amer. Acad. Sci., 62, 207, 1927.